

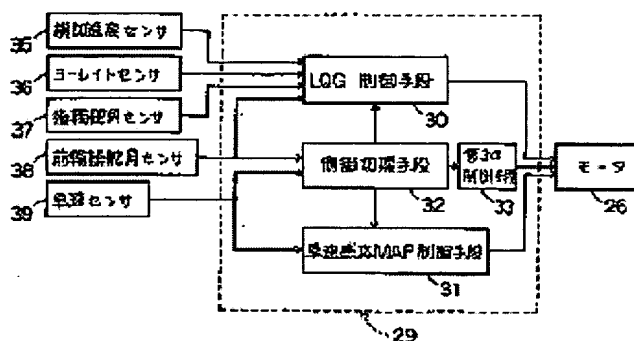
# STEERING DEVICE OF VEHICLE

**Patent number:** JP6107193  
**Publication date:** 1994-04-19  
**Inventor:** NAGAOKA MITSURU; OGAWA YOKO  
**Applicant:** MAZDA MOTOR  
**Classification:**  
 - **International:** B62D6/00; B62D101/00; B62D111/00; B62D113/00; B62D137/00  
 - **European:**  
**Application number:** JP19920237443 19920904  
**Priority number(s):** JP19920237443 19920904

Report a data error here

## Abstract of JP6107193

**PURPOSE:** To reduce any shock to be produced in a vehicle in time of a control changeover in the case where state feedback control, controlling a yaw rate to be produced in the vehicle at the time of steering front wheels is used after switching it to the other second control law. **CONSTITUTION:** A motor 26 of a rear-wheel steering system steers rear wheels. An LQG control means 30 performs its state feedback control so as to make a yaw rate to be produced in a vehicle come to a desired value. A car speed induction map control means 31 controls the motor 26 according to a car speed on the basis of a map being prestored, thereby controlling each steering angle of the rear wheels. A control changeover means 32 selects the LQG control means 30 when wheel cornering force is in a linear area to be in proportional relation to an angle of wheel sideslip, and when it is in a nonlinear area, it selects the car speed induction map control means 31. A third control means 33 controls the motor 26 so as to smoothly connecting the LQG control and the car speed induction map control at the selection of control by means of the control changeover means 32.



Data supplied from the [esp@cenet](mailto:esp@cenet) database - Worldwide



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 前輪又は後輪をステアリングとは別途に操舵する操舵手段を備えるとともに、車輪の横滑り角に対して車輪のコーナリングフォースが比例的に変化する線形領域にあるか非線形領域にあるかを判別する領域判別手段と、少くとも車両の実際ヨーレート及び車輪の推定横滑り角に基いて前輪又は後輪操舵に対する目標制御量を演算し、車両の実際ヨーレートを制御目標ヨーレートに状態フィードバック制御する状態フィードバック制御手段と、上記非線形領域において安定して前輪又は後輪を操舵制御できる第2の制御手段と、上記領域判別手段の出力を受け、車輪のコーナリングフォースが線形領域にあるとき上記状態フィードバック制御手段により上記操舵手段を制御し、車輪のコーナリングフォースが非線形領域にあるとき上記第2の制御手段により操舵手段を制御するよう前輪又は後輪の操舵制御を切替える制御切換手段とを備え、更に該制御切換手段による制御の切換時に状態フィードバック制御手段と第2の制御手段との制御の間を滑らかに繋ぐように上記制御切換手段に優先して操舵手段を制御する第3の制御手段とを備えたことを特徴とする車両の操舵装置。

【請求項2】 線形領域と非線形領域との境界を含んで該境界近傍には遷移領域が設定され、該遷移領域において第3の制御手段が動作することを特徴とする請求項1記載の車両の操舵装置。

【請求項3】 第3の制御手段は、状態フィードバック制御手段による制御量と第2の制御手段による制御量とを単純比例により重み付け配分した制御量で操舵手段を制御するものであることを特徴とする請求項1又は請求項2記載の車両の操舵装置。

【請求項4】 第3の制御手段は、状態フィードバック制御手段による制御量と第2の制御手段による制御量とを2乗比例により重み付け配分した制御量で操舵手段を制御するものであることを特徴とする請求項1又は請求項2記載の車両の操舵装置。

【請求項5】 遷移領域の幅を車両の走行状態に応じて変更する幅変更手段を備えたことを特徴とする請求項2記載の車両の操舵装置。

【請求項6】 幅変更手段は、遷移領域の幅を、走行している路面の摩擦係数が大きいとき拡大するものであることを特徴とする請求項5記載の車両の操舵装置。

【請求項7】 幅変更手段は、遷移領域の幅を、車両に作用している横加速度が大きいとき拡大するものであることを特徴とする請求項5記載の車両の操舵装置。

【請求項8】 幅変更手段は、遷移領域の幅を、車速が高いとき縮小するものであることを特徴とする請求項5記載の車両の操舵装置。

【請求項9】 幅変更手段は、遷移領域の幅を、前輪の操舵角が大きいとき縮小するものであることを特徴とする請求項5記載の車両の操舵装置。

【請求項10】 幅変更手段は、遷移領域の幅を、車輪の横滑り角が大きいとき縮小するものであることを特徴とする請求項5記載の車両の操舵装置。

【請求項11】 幅変更手段は、遷移領域の幅を、操舵手段の制御が状態フィードバック制御手段から第2の制御手段に切換えられるとき拡大するものであることを特徴とする請求項5記載の車両の操舵装置。

【請求項12】 幅変更手段は、遷移領域の幅を、操舵手段の制御が第2の制御手段から状態フィードバック制御手段に切換えられるとき縮小するものであることを特徴とする請求項5記載の車両の操舵装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、車両のステアリング操舵状態に応じて後輪又は前輪を強制的に操舵制御して、車両の運転性や安定性を高めるようにした車両の操舵装置の改良に関する。

## 【0002】

【従来の技術】従来、この種の車両の操舵装置として、ステアリング操作量に対応する前輪の操舵角に対して、後輪の転舵比を車速に応じて決定し、該転舵比で後輪を転舵制御するものが知られているが、このものでは、如何なる車速でも運転者の意思に合致した操舵性能を得ることが可能である反面、運転者がステアリングを操作した直後の初期状態では、前輪と後輪とが同相になる場合が多いため、該初期状態での車両の回頭性が低い憾みがあった。

【0003】そのため、従来、例えば特開平1-262268号公報に開示されるものでは、運転者のステアリング操舵量に基いて車両の制御目標ヨーレートを演算すると共に、車両のヨーレートを実測し、このヨーレートの実測値と制御目標値との偏差に応じたフィードバック制御量でもって後輪の操舵角をフィードバック制御することにより、ステアリング操作直後の初期状態でもヨーレートを素早く発生させて、この初期状態での車両の回頭性を高めている。

## 【0004】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上記従来のフィードバック制御では、ヨーレートの実測値と制御目標値との偏差のみに応じてフィードバック制御量を演算して、後輪を転舵制御している関係上、実際ヨーレートを制御目標値に精度良く制御するにも限界がある。

【0005】そこで、例えば、上記のフィードバック制御に代えて、状態フィードバック制御を採用することが考えられる。この状態フィードバック制御は、ヨーレートの他、車両の複数の状態変数、例えば車輪の横滑り角、前輪及び後輪のコーナリングフォース等を推定して車両の運動状態を把握し、これ等複数の状態変数を用いて制御対象を制御するものであるため、上記車両の複数の状態変数を用いて車両に発生するヨーレートを制御目

3

標値にするよう、前輪又は後輪の操舵角をフィードバック制御すれば、常に車両に目標のヨーレイトを発生させることができ、ステアリング操作時当初の車両の回頭性を向上できる等、車両の運転性及び安定性に最適な制御が可能となる。

【0006】その場合、状態フィードバック制御は、状態方程式として線形方程式を用い、該線形方程式に基いて車両の複数の状態量を推定している関係上、車両の運動特性が路面状態の変化等に起因して線形方程式から外れた非線形の運動となった車両の動特性の変化時には、上記推定する複数の状態量が最適値からずれを生じ、その結果、車両には制御目標ヨーレイトが発生せず、不安定になる憾みが生じる。そのため、例えば、状態フィードバック制御とは別途に、非線形領域において車両を本質的に安定にできる第2の制御則を予め用意し、非線形領域では該第2の制御則を使用することにより、車両の動特性が線形領域から非線形領域に移行した際にも、車両の安定性を良好に確保することが考えられる。

【0007】しかしながら、上記の考えでは、線形領域から非線形領域への移行時、及びその逆方向への移行時には、制御が瞬時に切替わる関係上、この制御の切換えに起因して車両にショックを与える憾みが生じる。

【0008】本発明は斯かる点に鑑みてなされたものであり、その目的は、上記の通り前輪又は後輪の操舵制御に状態フィードバック制御と第2の制御則とを用い、該両制御を線形領域と非線形領域とで切換える場合に、この両制御の切換えに起因して車両に発生するショックを軽減ないし解消することにある。

【0009】

【課題を解決するための手段】上記の目的を達成するため、本発明では、状態フィードバック制御と第2の制御則とを線形領域と非線形領域とで切換えて用いる場合に、この両制御の切換えを良好に繋ぐ第3の制御則を用いることとする。

【0010】つまり、請求項1記載の発明の具体的な解決手段は、図1に示すように、前輪又は後輪をステアリングとは別途に操舵する操舵手段20を設けるとともに、車輪の横滑り角に対して車輪のコナリングフォースが比例的に変化する線形領域にあるか非線形領域にあるかを判別する領域判別手段34と、少なくとも車両の実際ヨーレイト及び車輪の推定横滑り角に基いて前輪又は後輪操舵に対する目標制御量を演算し、車両の実際ヨーレイトを制御目標ヨーレイトに状態フィードバック制御する状態フィードバック制御手段30と、上記非線形領域において安定して前輪又は後輪を操舵制御できる第2の制御手段31と、上記領域判別手段34の出力を受け、車輪のコナリングフォースが線形領域にあるとき上記状態フィードバック制御手段30により上記操舵手段20を制御し、車輪のコナリングフォースが非線形領域にあるとき上記第2の制御手段31により操舵手段

4

20を制御するよう前輪又は後輪の操舵制御を切換える制御切換手段32とを設ける。更に、上記制御切換手段32による制御の切換時に状態フィードバック制御手段30と第2の制御手段31との制御の間を滑らかに繋ぐように上記制御切換手段32に優先して操舵手段20を制御する第3の制御手段33とを設ける構成としている。

【0011】また、請求項2記載の発明では、上記請求項1記載の発明において、線形領域と非線形領域との境界を含んで該境界近傍に遷移領域を設定し、該遷移領域において第3の制御手段33を動作させる構成とする。

【0012】更に、請求項3記載の発明では、請求項1又は請求項2記載の発明において、第3の制御手段33を特定して、状態フィードバック制御手段30による制御量と第2の制御手段31による制御量とを単純比例により重み付け配分した制御量で操舵手段20を制御するもので構成する。

【0013】加えて、請求項4記載の発明では、第3の制御手段33を別のものに特定し、状態フィードバック制御手段30による制御量と第2の制御手段31による制御量とを2乗比例により重み付け配分した制御量で操舵手段20を制御するもので構成する。

【0014】また、請求項5記載の発明では、上記請求項2記載の発明における遷移領域の幅を、車両の走行状態に応じて変更する幅変更手段を設ける構成とする。

【0015】更に、請求項6記載の発明では、請求項5記載の発明の幅変更手段を特定して、遷移領域の幅を、走行している路面の摩擦係数が大きいとき拡大するもので構成する。

【0016】加えて、請求項7記載の発明では、幅変更手段を、車両に作用している横加速度が大きいとき遷移領域の幅を拡大するもので構成している。

【0017】また、請求項8記載の発明では、幅変更手段を、車速が高いとき遷移領域の幅を縮小するもので構成する。

【0018】更に、請求項9記載の発明では、幅変更手段を、前輪の操舵角が大きいとき遷移領域の幅を縮小するもので構成する。

【0019】加えて、請求項10記載の発明では、幅変更手段を、車輪の横滑り角が大きいとき遷移領域の幅を縮小するもので構成する。

【0020】更にまた、請求項11記載の発明では、幅変更手段を、操舵手段20の制御が状態フィードバック制御手段30から第2の制御手段31に切換えられるとき、遷移領域の幅を拡大するもので構成する。

【0021】加えて、請求項12記載の発明では、操舵手段20の制御が第2の制御手段31から状態フィードバック制御手段30に切換えられるとき、遷移領域の幅を縮小するもので構成する。

【0022】

5

【作用】以上の構成により、請求項1記載の発明では、線形領域では状態フィードバック制御手段30が制御切換手段32により選択されて、操作手段20により前輪又は後輪の操舵角が状態フィードバック制御されるので、車両に作用するヨーレイトが常に制御目標値に精度良く一致して、制御の狙い通りの良好な車両の運転特性が得られる。

【0023】一方、非線形領域では、状態フィードバック制御手段30に代えて、第2の制御手段31が制御切換手段32により選択される。その結果、前輪又は後輪の操舵角が第2の制御則に基いて安定して制御されるので、車両の運動が安定することになる。

【0024】また、前輪又は後輪の操舵角の制御が制御切換手段32により切り換えられる際には、第3の制御手段33が動作する。従って、前輪又は後輪の操舵角の制御は、状態フィードバック制御から第3の制御則を経て第2の制御則に切り換わり、また第2の制御則から第3の制御則を経た後に状態フィードバック制御に切り換わるので、前輪又は後輪の操舵角の制御が滑らかに繋がって、車両に生じるショックが軽減ないし解消される。

【0025】また、請求項2記載の発明では、車輪のコーナリングフォースが線形領域から遷移領域に入ると、前輪又は後輪の操舵角の制御が状態フィードバック制御から第3の制御則に切り換わり、その後、非線形領域に入った時点で第3の制御則から第2の制御則に切り換わる。また、車輪のコーナリングフォースが非線形領域から遷移領域に入ると、前輪又は後輪の操舵角の制御が第2の制御則から第3の制御則に切り換わり、その後、線形領域に入った時点で状態フィードバック制御に切り換わる。その結果、車両に生じるショックが一層軽減ないし解消される。

【0026】更に、請求項3記載の発明では、状態フィードバック制御と第2の制御則との間の切換移行時には、該両制御の制御量が単純比例により重み付け配分されて第3の制御則の制御量となるので、制御の切り換えが滑らかに行われ、車両に発生するショックが有効に軽減ないし解消される。

【0027】加えて、請求項4記載の発明では、上記請求項3記載での制御切換移行時の単純比例による重み付け配分に代えて、両制御量を2乗比例により重み付け配分したものが第3の制御則の制御量となるので、車両に発生するショックがより一層有効に軽減ないし解消される。

【0028】また、請求項5記載の発明では、上記請求項2記載の発明での遷移領域の幅が車両の走行状態に応じて変更されるので、車両の走行状態に応じて制御の切換移行の速度を自在に調整することができる。

【0029】更に、請求項6及び請求項7記載の発明では、路面の摩擦係数が大きいとき及び車両に作用する横加速度が大きいとき、即ち車両の安定性が高い際には、

6

遷移領域の幅が拡大されて、状態フィードバック制御が長く継続し反映されるので、車両の精度良い運転性を確保しつつ、車両に発生するショックが有効に軽減されることになる。

【0030】加えて、請求項8、請求項9及び請求項10記載の発明では、車速が高いとき、前輪の操舵角が大きいとき、及び車輪の横滑り角が大きいとき、即ち線形領域から非線形領域に移行し易い際には、遷移領域の幅が縮小されて、制御の切換速度が速くなり、制御が状態フィードバック制御から第2の制御則に素早く切り換わるので、車両の安定性が早期に且つ良好に確保される。

【0031】また、請求項11記載の発明では、状態フィードバック制御手段30から第2の制御手段31に切り換えられるとき、即ち車両が線形領域から本来不安定な非線形領域に移行する際には、遷移領域の幅が拡大されて、切換移行が徐々に行われるので、車両の安定性が向上する。

【0032】更に、請求項12記載の発明では、上記とは逆に第2の制御手段31から状態フィードバック制御手段30に切り換えられるとき、即ち車両が非線形領域から本来安定な線形領域に移行する際には、遷移領域の幅が縮小されて、切換移行が素早く行われるので、車両の良好な安定性を確保しつつ、短時間で状態フィードバック制御が開始されて、車両の精度良い運転性が直ちに得られる。

【0033】

【発明の効果】以上説明したように、請求項1記載の発明の車両の操舵装置よれば、線形領域では状態フィードバック制御を選択して使用し、非線形領域では安定な第2の制御則を選択して使用すると共に、この両制御の切換移行時には、この切換移行を滑かにする第3の制御則を選択して使用したので、状態フィードバック制御による狙い通りの車両の運動特性を実現でき、車両の走行性能の向上を図りつつ、車輪のコーナリングフォースが非線形領域に移行した際にも車両を良好に安定させて車両の安定性の向上を図ることができると共に、制御の切換移行時に車両に生じるショックを有効に軽減ないし解消することができる。

【0034】また、請求項2記載の発明によれば、線形領域と非線形領域との境界を含んで該境界近傍に遷移領域を設定し、該遷移領域で第3の制御則を選択して使用したので、制御の切換移行をスムーズに行って、車両に生じるショックを一層軽減ないし解消できる。

【0035】更に、請求項3及び請求項4記載の発明によれば、状態フィードバック制御と第2の制御則との両制御量を単純比例及び2乗比例により重み配分して、第3の則の制御量としたので、制御切換移行時に車両に生じるショックを有効に軽減ないし解消できる。

【0036】加えて、請求項5～請求項10記載の発明によれば、車両の走行状態に応じて遷移領域の幅を変更

7

したので、制御切換速度を車両の走行状態に応じて変更できて、制御切換移行時に車両に発生するショックを一層有効に軽減ないし解消できると共に、状態フィードバック制御から第2の制御則への切換えを素早く行って、車両の安定性を早期且つ良好に確保できる等の効果を奏する。

【0037】また、請求項11記載の発明では、状態フィードバック制御から第2の制御則への本来不安定な領域への切換移行時には、遷移領域の幅を拡大して、制御の切換移行を徐々にに行わせたので、車両の安定性の向上を図ることができる。

【0038】更に、請求項12記載の発明によれば、第2の制御則から状態フィードバック制御への本来安定な領域への切換移行時には、遷移領域の幅を縮小して、制御の切換速度を高めたので、車両の良好な安定性を確保しつつ、短時間で素早く状態フィードバック制御を開始させて、車両の精度良い運転性を直ちに得ることができ

【0039】

【実施例】以下、本発明の実施例を図2以下の図面に基いて説明する。

【0040】図2は本発明に係る車両の操舵装置の概略平面図を示し、1はステアリング、2は左右の前輪、3は左右の後輪、10は上記ステアリング1の操作により左右の前輪2、2を操舵する前輪操舵装置、20は該前輪操舵装置10による前輪2、2の転舵に応じて左右の後輪3、3を操舵する操舵手段としての後輪操舵装置である。

【0041】上記前輪操舵装置10は、車体幅方向に配置されたリレーロッド11を有し、該ロッド11の両端部は各々タイロッド12、12及びナックルアーム13、13を介して左右の前輪2、2に連結されている。該リレーロッド11には、ハンドル1の操作に連動して該リレーロッド11を左右に移動させるラック・アンド・ピニオン機構14が配置され、ステアリング1の操作時にその操作量に応じた角度だけ左右の前輪2、2を操舵する構成である。

【0042】一方、後輪操舵装置20は、上記と同様に車体幅方向に配置されたリレーロッド21を有し、該ロッド21の両端部は各々タイロッド22、22及びナックルアーム23、23を介して左右の後輪3、3に連結されている。該リレーロッド21には、該ロッド21を中立位置に付勢するセンタリングバネ22が配置されていると共に、ラック・アンド・ピニオン機構23が配置され、該機構23には、クラッチ24、減速機構25、及びモータ26が連携されていて、クラッチ24の締結時にモータ26の回転駆動によりラック・アンド・ピニオン機構23を介してリレーロッド21を車幅方向に移動させて、後輪3、3をモータ26の回転量に応じた角度だけ操舵する構成である。

8

【0043】上記モータ26はコントロールユニット29に駆動制御される。該コントロールユニット29は、図3に示すように、内部に、モータ26により後輪3の舵角を車両の状態が推定できる少くとも実際ヨーレイト及び車輪の横滑り角に基いて状態フィードバック制御（以下、LQG制御という）する状態フィードバック手段としてのLQG制御手段30と、第2の制御手段としての車速感応MAP制御手段31と、上記LQG制御手段30によるLQG制御と車速感応MAP制御手段31によるMAP制御とを選択的に切換える制御切換手段32と、該制御切換手段32による制御切換えに際してこの切換えを滑らかに行い得る第3の制御則に基いて後輪操舵装置20を用いて後輪3、3の舵角を制御する第3の制御手段33とを有する。上記車速感応MAP制御手段31は、車両が安定するように予め記憶したマップに基いて後輪3の制御すべき目標舵角を車速及び前輪操舵角に応じて一義的に決定して、後輪3の舵角をモータ26により上記目標舵角に制御するものであり、従って、図5に示すように車輪の横滑り角 $\beta$ に対するコーナリングフォース特性において、コーナリングフォースの変化が横滑り角 $\beta$ に比例しない非線形領域でも制御が安定するものである。

【0044】また、上記コントロールユニット29には、車両に作用する横加速度を検出する横加速度センサ35と、車両に作用するヨーレイトを検出するヨーレイトセンサ36と、後輪3の舵角を検出する後輪舵角センサ37と、前輪2の操舵角を検出する前輪操舵角センサ38と、車速を検出する車速センサ39とが各々入力されている。

【0045】次に、上記コントロールユニット29によるモータ26の駆動制御を図4の制御フローに従って説明する。同図において、ステップS1で設定周期毎の制御タイミングになると、ステップS2で上記各センサ36～39の検出信号に基いて車速 $V_s$ 、前輪操舵角 $Fstg$ 、後輪舵角 $Rstg$ 、車両に発生しているヨーレイト $\psi$ 、及び車両に作用する横加速度 $Yg$ の各車両運動状態量を計測する。

【0046】そして、ステップS3において下記式に基いて車両の制御目標ヨーレイト $yrt$ を算出する。

【0047】

$$yrt = \frac{Vs}{1+A \cdot Vs^2} \times \frac{1}{L} \cdot Fstg$$

ここに、Aはスタビリティファクター、Lは車両のホイールベースである。その後は、ステップS4で前輪操舵角センサ38により検出した前輪操舵角 $Fstg$ の前回値と今回値とに基いて前輪操舵速度 $df$ を下記式より演算する。

【0048】

$$df = \{Fstg(n) - Fstg(n-1)\} \cdot k$$

(kは比例定数である)

9

続いて、ステップS5において予め車速感応MAP制御における後輪3の舵角制御量RMAPを演算する。即ち、同ステップに示す車速Vspに対応するマップ上の比例定数rを算出した後、該算出した比例定数rに前輪操舵角Fstgを乗算してMAP制御量RMAPを求める。

【0049】更に、ステップS6及びS7においてLQG制御における後輪3の舵角制御量RFBを演算する。即ち、先ずステップS6でオブザーバ（状態観測器）により車両の状態量及び車両の観測量を演算推定する。ここに、車両の状態量としては、車両の横滑り角 $\beta$ 、後輪の舵角の変化速度 $dRstg/dt$ 、前輪のコーナリングフォースCff、及び後輪のコーナリングフォースCfrの4種を推定し、車両の推定観測量としては、上記4種の推定状態量に、後輪の舵角Rstg、及び車両に作用するヨーレート $d\psi/dt$ を加えた6種を演算する。但し、後輪の舵角Rstg及びヨーレート $d\psi/dt$ は実測値を用いる。上記車両の状態量及び観測量の推定は、車両の推定状態量を $xob$ 、車両の推定観測量を $yob$ として、下記の状態方程式及び出力方程式に基づく演算によって行うものである。

【0050】 $dxob/dt = Aob * xob + Bob * y + Job * RFB(n-1)$   
 $yob = Cob * xob + Dob * y$   
 ここに、Aob、Bob、Cob、Dob及びJobはオブザーバゲイン、RFBはLQG制御量であり、yは実測ヨーレート $d\psi/dt$ 及びLQG制御量RFB値である。

【0051】その後は、ステップS7でLQG制御量RFBを演算する。この演算は、先ず実測ヨーレート $d\psi/dt$ と制御目標ヨーレート $yrt$ との偏差 $(d\psi/dt - yrt)$ の積分値Sigを式  
 $Sig(n) = Sig(n-1) + (d\psi/dt - yrt)$

に基いて算出した後、LQG制御量RFBを上記積分値Sig及び推定観測量 $yob$ を用いて下式  
 $RFB = -F * yob - FI * Sig$   
 にて演算する。ここに、F、FIは制御ゲインである。

【0052】上記の通りLQG制御量RFBを算出した後は、ステップS8で図5に示す線形領域と非線形領域との境界を含む該境界近傍の遷移領域の幅に相当する前輪操舵速度幅 $\Delta df$ を図6ないし図10に基いて決定する。つまり、図6では走行中の路面の摩擦係数 $\mu$ が大きいほど幅 $\Delta df$ を拡大し、図7では車両に作用している横加速度の絶対値 $|Yg|$ が大きいほど幅 $\Delta df$ を拡大する。また、図8では車速Vspが高くなるほど幅 $\Delta df$ を縮小すると共に、図9では前輪の操舵角の絶対値 $|fstg|$ が大きくなるほど幅 $\Delta df$ を縮小し、図10では推定した車輪の横滑り角 $\beta$ が大きいほど幅 $\Delta df$ を縮小する。

10

【0053】そして、図4の制御フローのステップS9及びS10で車輪のコーナリングフォースが遷移領域にあるか否かを判定する。この判定は、具体的には、ステップS9で図4の遷移領域を区画する線形領域側の横滑り角 $\beta o$ に対応する設定前輪操舵速度 $d11$ と実際の前輪操舵速度 $df$ とを比較すると共に、ステップS10で上記設定前輪操舵速度 $d11$ に遷移領域の幅に相当する前輪操舵速度幅 $\Delta df$ を加算した値 $d11 + \Delta df$ と実際の前輪操舵速度 $df$ とを比較して行う。その結果、 $df < d11$ の線形領域にある場合には、ステップS11で後輪の舵角制御量Rを上記ステップS7で演算したLQG制御量RFBに設定して $(R = RFB)$ 、ステップS14でこの制御量Rでもってモータ26を駆動制御して、左右の後輪3、3を操舵制御する。一方、 $d11 + \Delta df < df$ の非線形領域にある場合には、ステップS12で後輪の舵角制御量Rを上記ステップS5で演算したMAP制御量RMAPに設定して $(R = RMAP)$ 、ステップS14でこの制御量Rでもってモータ26を駆動制御し、左右の後輪3、3を操舵制御する。

【0054】これに対し、 $d11 < df < d11 + \Delta df$ の遷移領域にある場合には、ステップS13で第3の制御則の制御量RTRを演算する。この制御量RTRは、下記式に基いてLQG制御領域RFBとMAP制御量RMAPとを単純比例により実際の前輪操舵角 $df$ が遷移領域で取る位置で重み付け配分した制御量として計算する。

【0055】

$$c = \frac{df - d11}{d12 + d11}$$

30  $RTR = c * RMAP + (1 - c) * RFB$

ここに、 $d12 = d11 + \Delta df$ である。

【0056】そして、上記のように第3の制御則での制御量RTRが求まると、ステップS14で後輪3、3の舵角制御量Rをこの制御量RTRに設定して $(R = RTR)$ 、ステップS14でこの制御量Rでもってモータ26を駆動制御し、左右の後輪3、3を操舵制御する。

【0057】よって、上記図4の制御フローにおいて、ステップS6及びS7により状態フィードバック制御手段30を構成していると共に、ステップS5により第2の制御則として車速感応MAP制御を用いた第2の制御手段31を構成している。また、ステップS9及びS10により、図5に示すように車輪の横滑り角 $\beta$ に対して車輪のコーナリングフォースが比例的に変化する線形領域にあるか、非線形領域にあるかを判別する領域判別手段34を構成していると共に、ステップS11及びS12により、上記領域判別手段34の出力を受けて、車輪のコーナリングフォースが線形領域にある場合にはLQG制御手段30のLQG制御量RFBによりモータ27を制御し、非線形領域にある場合には第2の制御手段31の車速感応MAP制御によりモータ26を制御するよ

う後輪の操舵制御を切換えるようにした制御切換手段32を構成している。更に、ステップS13により、上記制御切換手段32による制御の切換時に、LQG制御量RFBとMAP制御量RMAPとを比例配分した第3の制御則の制御量RTRでもってLQG制御とMAP制御との間を滑らかに繋ぐように上記制御切換手段32に優先してモータ26を制御するようにした第3の制御手段33を構成している。加えて、ステップS8により、図5の遷移領域の幅に相当する前輪操舵速度幅 $\Delta df$ を車両の走行状態としての路面の摩擦係数 $\mu$ 、横加速度 $|Yg|$ 、車速 $Vsp$ 、前輪の操舵角 $|fstg|$ 、及び車輪の推定横滑り角 $\beta$ に応じて変更するようにした幅変更手段45を構成している。

【0058】したがって、上記実施例においては、前輪の操舵速度 $df$ が設定値 $d11$ 未満で遅い( $df < d11$ )場合には、車輪のコーナリングフォースは線形領域にあって、後輪3, 3の操舵角がLQG制御手段30によりLQG制御される。この場合、車両の動特性は上記の状態方程式を満たすので、オブザーバーによる状態量 $xob$ 及び観測量 $yob$ は正確に推定され、従って車両のヨーレートは制御目標値 $yrt$ に精度良く制御されて、狙い通りの車両運動特性が得られ、車両の運転性能の向上及び安定性の向上が図られる。

【0059】これに対し、前輪の操舵速度 $df$ が設定値 $d12$ ( $=d11 + \Delta df$ )を越えて速い( $d12 < df$ )場合には、車輪の横滑り角は非線形領域にある。この場合、LQG制御では、車両の動特性が上記状態方程式を満たさず、オブザーバーによる状態量 $xob$ 等に誤差が生じ易く、このため制御が不安定となって、車両の運動が不安定になる場合がある。しかし、この非線形領域では、制御切換手段32がこの非線形領域で本来的に安定している第2の制御手段31による車速感応MAP制御を選択し、後輪3, 3の操舵角が車速 $Vs$ 及び前輪操舵角 $Fstg$ に応じた制御量RMAPでもって制御されるので、車両の走行安定性が良好に確保される。しかも、前輪の操舵速度 $df$ が設定値 $d11$ 未満で遅い場合には、運転者が車両を所望の方向に正確に導きたいと要求する場合であって、この場合には上記の通り後輪3のLQG制御によって車両に発生するヨーレートが制御目標値 $yrt$ に精度良く一致するので、車両は運転者の要求通りに方向転換して、車両の運転性能の一層の向上を図ることができる。一方、前輪の操舵速度 $df$ が設定値 $d12$ を越えて速い場合には、上記の通り後輪3の車速感応MAP制御によって車両のヨーレートが安定して発生するので、車両の安定性が向上する。この場合、発生するヨーレートはLQG制御の場合に比して制御目標値 $yrt$ に精度良くは一致しなくなるが、運転者はさほど車両の方向転換角度の正確さを要求していないので、支障はない。

【0060】更に、運転者のステアリング操作による前

輪操舵速度 $df$ の変化に伴い、LQG制御からMAP制御への切換え、及びその逆方向への切換えに際しては、その両制御間の切換えを滑らかに繋ぐ第3の制御則の制御量RTRでもって後輪操舵装置20のモータ26が制御されるので、この制御切換に起因して車両に生じるショックを有効に軽減ないし解消することができる。

【0061】その際、上記第3の制御則の制御量RTRは、実際前輪操舵速度 $df$ が図5の遷移領域で取る位置に応じてLQG制御の制御量RFBと車速感応MAP制御の制御量RMAPとを単純比例により重み付け配分して得られるので、制御の切換え移行が比例的に進行して、車両に生じるショックをより一層有効に軽減ないし解消することができる。

【0062】しかも、図5の遷移領域の幅に相当する前輪操舵速度幅 $\Delta df$ は、路面の摩擦係数 $\mu$ 、又は横加速度 $|Yg|$ が大きい車両安定時には拡大されて、第3の制御則によるモータ26の制御時間が長くなる。その結果、LQG制御が長く反映されて、車両には制御目標ヨーレートに近いヨーレートが発生して、車両の良好な運転性が比較的長く確保されつつ、この制御切換時に車両に生じるショックを有効に軽減できる。また、遷移領域の幅に相当する前輪操舵速度幅 $\Delta df$ は、車速 $Vsp$ 、前輪の操舵角 $|fstg|$ が大きい際、及び車輪の推定横滑り角 $\beta$ が大きい際、即ち非線形領域に移行し易い際ほど縮小されるので、車速感応MAP制御に素早く移行できて、車両の安定性を早期且つ良好に確保することができる。

【0063】図11は他の実施例を示し、上記実施例では第3の制御則として、LQG制御量RFBとMAP制御量RMAPとを単純比例配分した制御量RTRを使用した

したが、これ等制御量RFB、RMAPを2乗比例により配分した制御量RTRを使用したものである。

【0064】すなわち、図11においては、上記図4のステップS13の内容のみが異なり、下記式に基いてLQG制御量RFBとMAP制御量RMAPとを2乗比例により重み付け配分して第3の制御則の制御量RTRを演算する。

$$c = \frac{df - d11}{d12 + d11}$$

$$k1 = c^2 / \{c^2 + (1-c)^2\}$$

$$k2 = 1 - k1$$

$$RTR = k1 * RMAP + k2 * RFB$$

したがって、本実施例においては、LQG制御とMAP制御との間の重み付けは、図12に破線で示すように、実線で示す単純比例配分の上記実施例に比べて、制御の切換移行をより一層滑らかに行うことができる。

【0066】図13は、請求項11及び請求項12記載の実施例を示す。同図に示す後輪操舵角制御フローは、図4の制御フローとステップS1～S8までは同一であ



るので、ステップS9以降の制御の切替選択について説明する。

【0067】つまり、図13の制御フローにおいて、ステップS9及びS10で前輪操舵速度 $d f$ により線形領域、遷移領域、又は非線形領域にあるかを判別する。そして、車輪のコーナリングフォースが $d f < d l 1$ の線形領域にある場合には、ステップS11で後輪制御量 $R$ をLQG制御量 $RFB$ に設定し、ステップS12でフラグ $F=1$ に設定する。一方、 $d l 2 = d l 1 + \Delta d f < d f$ の非線形領域にある場合には、ステップS13で後輪制御量 $R$ をMAP制御量 $RMAP$ に設定し、ステップS14でフラグ $F=3$ に設定する。

【0068】これに対し、 $d l 1 < d f < d l 2$ の遷移領域にある場合には、ステップS15及びS16でフラグ $F$ の値を判別し、 $F=1$ のLQG制御中の場合には、ステップS17で $d l 2$ を大きく、即ち遷移領域の幅に相当する前輪操舵速度幅 $\Delta d f$ を拡大する一方、 $F=3$ のMAP制御中の場合には、ステップS18で $d l 2$ を小さく、即ち遷移領域の幅に相当する前輪操舵速度幅 $\Delta d f$ を縮小する。

【0069】その後は、ステップS19で、LQG制御領域 $RFB$ とMAP制御量 $RMAP$ とを単純比例配分して、第3の制御則の制御量 $RTR$ を計算する。

【0070】そして、ステップS20でLQG制御中の線形領域ではLQG制御量 $RFB$ により、MAP制御中の非線形領域ではMAP制御量 $RMAP$ により、及び遷移領域では第3の制御則の制御量 $RTR$ により、各々モータ26を制御して、後輪3、3を操舵制御して、ステップS1に戻る。

【0071】よって、図13の制御フローのステップS15～S18により、図5の遷移領域の幅に相当する前輪操舵速度幅 $\Delta d f$ を、後輪3の操舵角制御がLQG制御からMAP制御に切替移行するときには拡大し、MAP制御からLQG制御に切替移行するときには縮小するようにした幅変更手段45'を構成している。

【0072】したがって、本実施例においては、LQG制御からMAP制御に切替移行するとき、即ち車両の安定性が本来低下する方向に移行する状況では、図5の遷移領域の幅が拡大されて、MAP制御への移行が一層緩やかに行われるので、車両の安定性が良好に確保される。

【0073】これに対し、上記とは逆にMAP制御からLQG制御に切替移行するとき、即ち車両の安定性が本来良い方向に移行する状況では、遷移領域の幅が縮小されて、LQG制御への移行が素早く行われるので、早期に狙い通りの車両の運転特性を得ることができる。この場合、制御の切替移行速度は速いが、車両の安定性は、これが良くなる方向への移行時であるので良好に確保される。

【0074】図14は他の実施例を示し、上記実施例で

は後輪3、3を後輪操舵装置20を用いて操舵制御したのに代え、前輪2、2をステアリングとは別途に電氣的に操舵制御するものに適用したものである。

【0075】すなわち、図14の操舵装置では、上記図2に示す後輪操舵装置20を備えず、前輪操舵装置10と並列に、リレーロッド11に配置したラック・アンド・ピニオン機構40と、該機構40を駆動するモータ41とを設け、該モータ41をコントロールユニット29により駆動制御する構成である。その他の構成は、上記の説明と同様であるが、前輪を操舵する関係上、上記実施例の後輪操舵で後輪を前輪と逆位相に操舵制御する場合には本実施例では前輪の操舵角を増す側に操舵制御し、上記実施例で後輪を同位相に操舵制御する場合には本実施例では前輪の操舵角を減す側に操舵制御すればよい。

【0076】尚、以上の説明では、LQG制御において、車両の推定観測量として6種、即ち車両の横滑り角 $\beta$ 、後輪の舵角の変化速度 $d R s t g / d t$ 、前輪及び後輪のコーナリングフォース $C f f$ 、 $C f r$ 、後輪の舵角 $R s t g$ 、並びに車両に作用するヨーレイト $d \psi / d t$ を用いて車両の状態を正確に観測したが、車両の状態を観測するには、少くとも車両の実際ヨーレイト及び車輪の推定横滑り角の2種を観測すれば足りる。

【0077】また、以上の説明では、第2の制御手段31での制御則として車速感応MAP制御を使用したのが、この第2の制御則は、要はコーナリングフォースが比例的に変化しない非線形領域で安定して後輪3、3を制御し得るものであれば良く、例えばMAP制御以外のフィードフォワード制御、ファジィ制御、フィードバック制御等でも良いものである。

【図面の簡単な説明】

【図1】請求項1記載の発明のブロック構成図である。

【図2】車両の後輪をも操舵する操舵装置の全体構成を示す図である。

【図3】後輪の操舵制御のブロック構成を示す図である。

【図4】後輪の操舵制御の制御フローを示す図である。

【図5】車輪の横滑り角に対するコーナリングフォース特性を示す図である。

【図6】路面の摩擦係数に対する遷移領域の幅の変化特性を示す図である。

【図7】車両に作用する横加速度に対する遷移領域の幅の変化特性を示す図である。

【図8】車速に対する遷移領域の幅の変化特性を示す図である。

【図9】前輪の操舵角に対する遷移領域の幅の変化特性を示す図である。

【図10】車輪の横滑り角に対する遷移領域の幅の変化特性を示す図である。

【図11】他の実施例としての後輪の操舵制御の制御フ

15

16

ローを示す図である。

【図12】他の実施例の作動説明図である。

【図13】更に他の実施例としての後輪の操舵制御フローを示す図である。

【図14】前輪を操舵する操舵装置の全体構成を示す図である。

【符号の説明】

- |    |                    |        |
|----|--------------------|--------|
| 1  | ステアリング             | ク制御手段) |
| 3  | 後輪(車輪)             | 31     |
| 20 | 後輪操舵装置             | 32     |
| 26 | モータ                | 33     |
| 29 | コントロールユニット         | 34     |
| 30 | LQG制御手段(状態フィードバック) | 35     |

ク制御手段)

31

32

33

34

35

36

37

38

39

45, 45'

車速感応制御手段(第2の制御手

段)

制御切換手段

第3の制御手段

領域判別手段

横加速度センサ

ヨーレイトセンサ

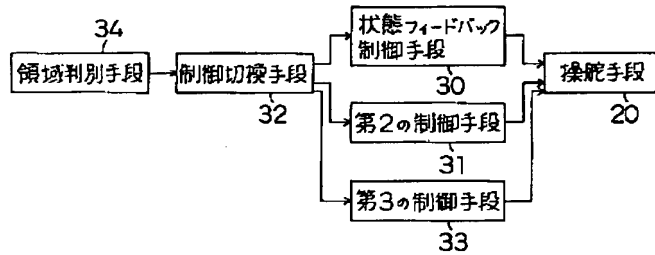
後輪舵角センサ

前輪操舵角センサ

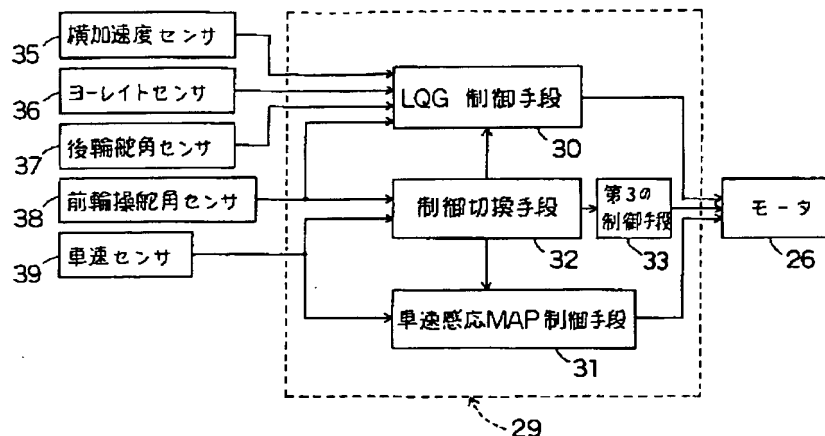
車速センサ

幅変更手段

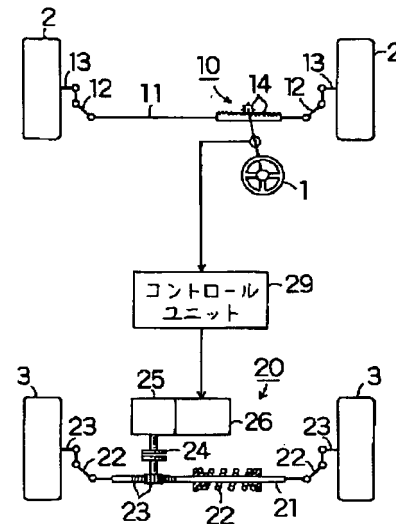
【図1】



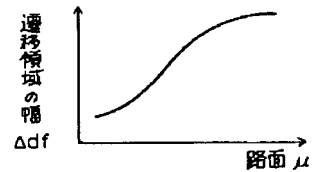
【図3】



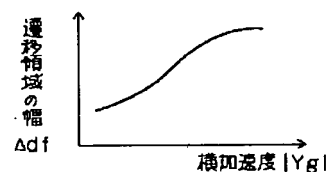
【図2】



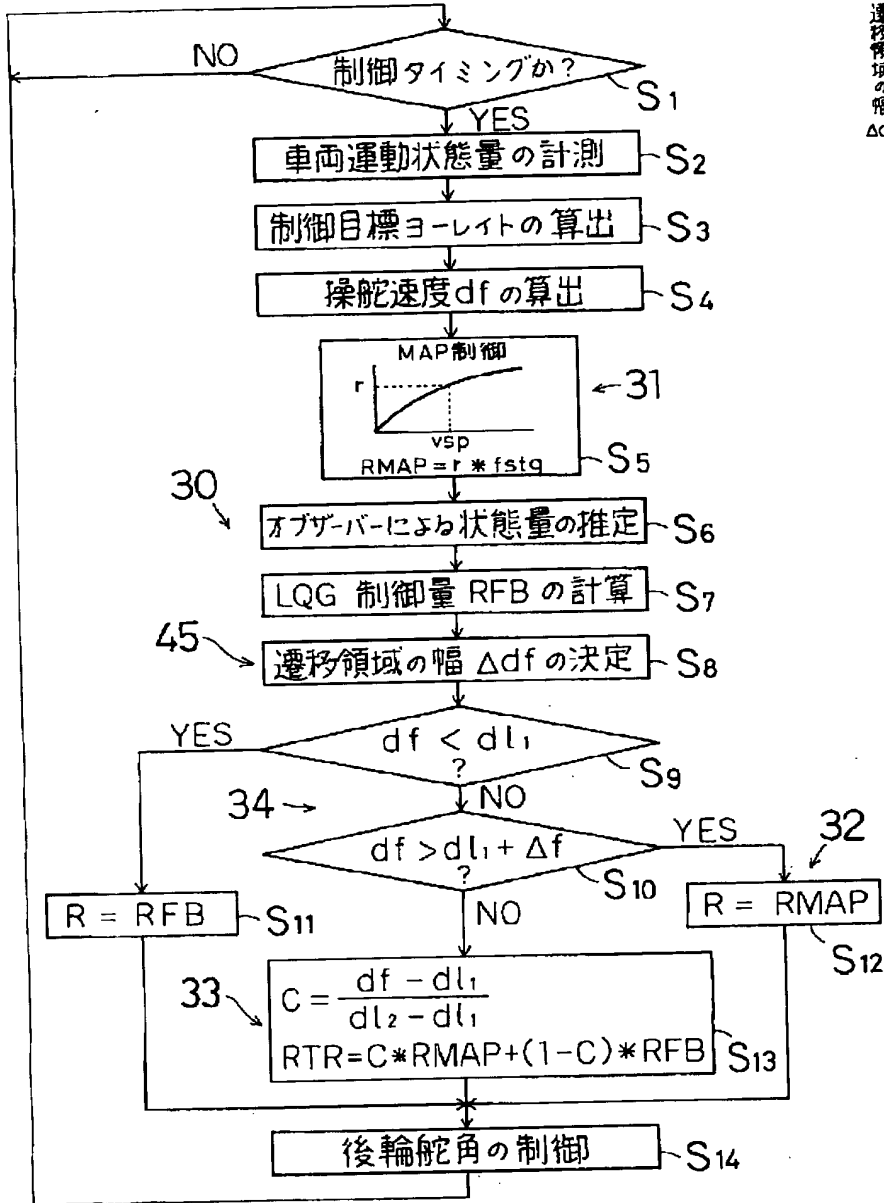
【図6】



【図7】



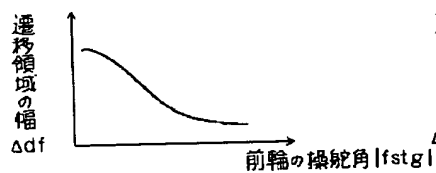
【図4】



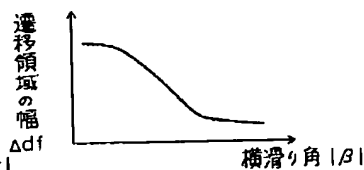
【図8】



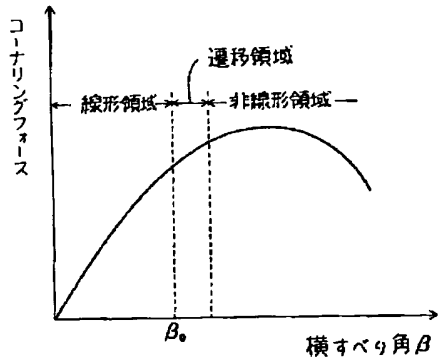
【図9】



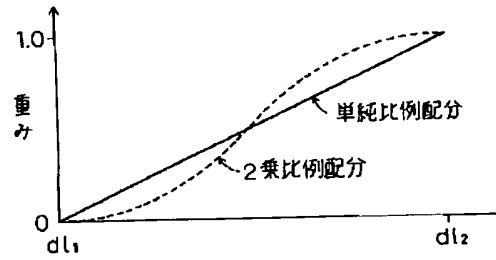
【図10】



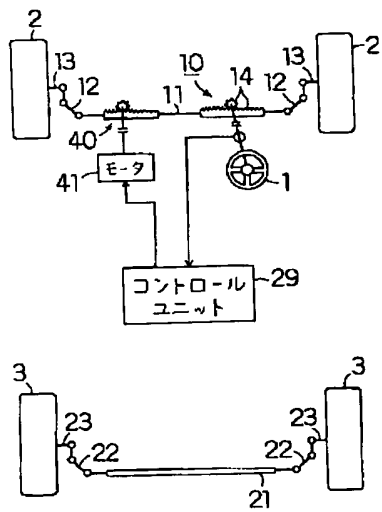
【図5】



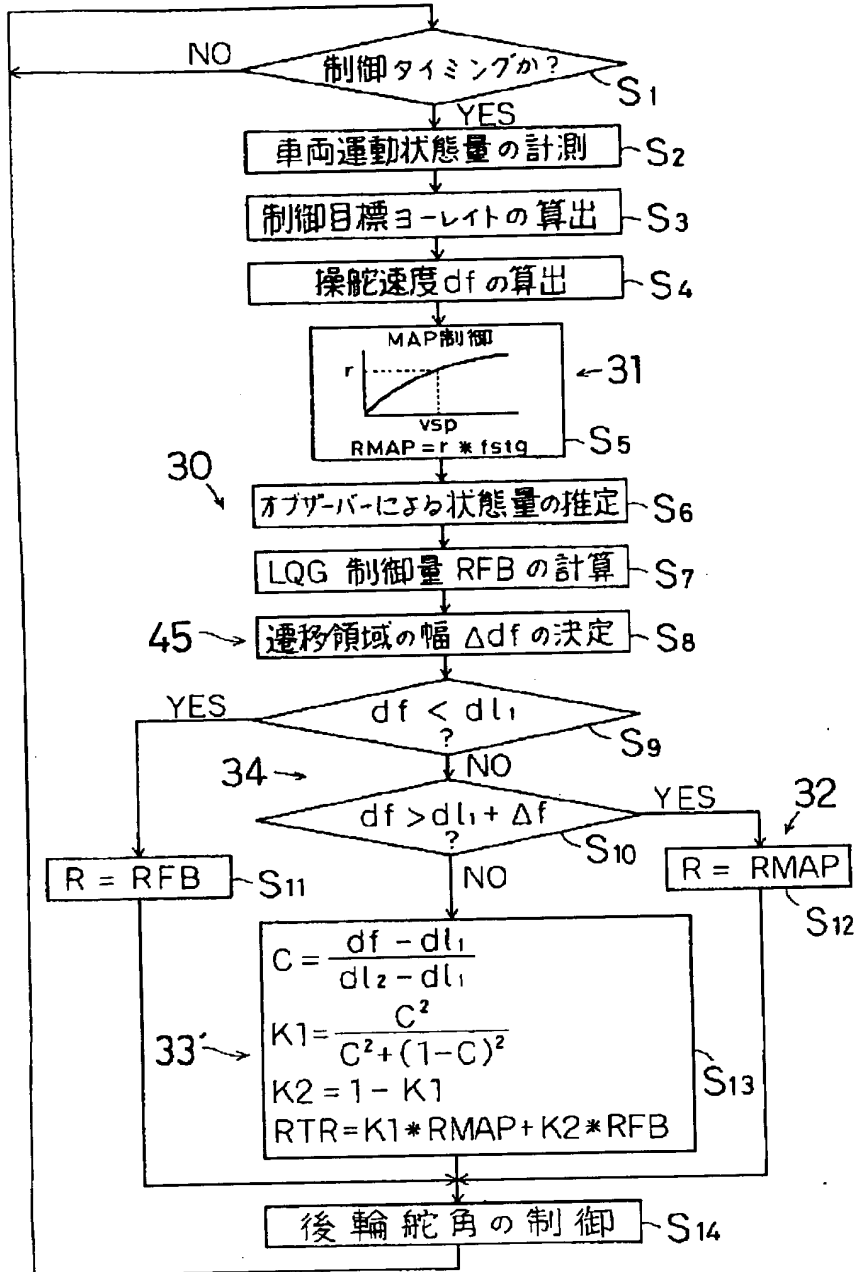
【図12】



【図14】



【図11】



【図13】

